

LNF-76/19(R)  
15 Marzo 1976

L. Bartolini, M. Cinti, S. Ciarlo, C. Dardini, D. Del Bugaro,  
R. Habel, A. Maiolo, G. Occhionero e L. Righini:  
COSTRUZIONE E OPERAZIONE DI UN LASER A CO<sub>2</sub> DI TIPO  
TEA A MEDIA APERTURA CON PREIONIZZAZIONE AD ULTRA  
VIOLETTO.

L. Bartolini, M. Cinti, S. Ciarlo, C. Dardini, D. Del Bugaro, R. Habel, A. Maiolo, G. Occhionero e L. Righini: COSTRUZIONE E OPERAZIONE DI UN LASER A CO<sub>2</sub> DI TIPO TEA A MEDIA APERTURA CON PREIONIZZAZIONE AD ULTRAVIOLETTO. -

#### INTRODUZIONE. -

In questi ultimi anni, a partire dal 1972, si è avuto un rapido sviluppo nelle tecnologie dei Laser a gas impulsati mediante scarica trasversale e operanti a pressione atmosferica.

Tale sviluppo ha avuto origine dalla possibilità di produrre, in grandi volumi mediante una opportuna preionizzazione del gas, un plasma omogeneo di sufficiente densità da sostenere oscillazioni laser<sup>(1,2)</sup>, con una elevata efficienza di conversione dell'energia di pompaggio in luce laser<sup>(3)</sup>.

Le tecniche più note sono due:

- La prima consiste nell'iniettare nella miscela del gas contenuto fra gli elettrodi di scarica un fascio uniforme di elettroni relativistici<sup>(4,5)</sup> col quale si produce e si controlla esternamente il plasma. Si tratta in pratica di stabilizzare, rendendo indipendente dal campo applicato, il meccanismo di creazione della coppia. In questo caso il campo elettrico, necessario per il mantenimento della scarica, può essere molto più basso di quello richiesto per le scariche autosostenentesi<sup>(5)</sup>.

- La seconda è quella della fotoionizzazione volumetrica mediante ultravioletto duro, con il quale si genera nel gas, mediante processi di assorbimento ad uno o più fotoni<sup>(6)</sup>, una densità di elettroni liberi ( $10^{12}$  a  $10^{13}$  cm<sup>-3</sup>)<sup>(7)</sup> sufficiente alla stabilizzazione della scarica a bagliore. I valori del campo elettrico di pompa, adottati in questo caso, sono generalmente superiori al valore necessario per l'autosostentamento della scarica<sup>(3)</sup>.

Mediante l'impiego di queste tecniche di controllo della scarica sono stati realizzati, in vari laboratori, laser a CO<sub>2</sub> operanti a pressioni anche superiori a quella atmosferica<sup>(8,9)</sup> e di grande apertura. E' possibile oggi reperire in commercio teste amplificatrici a CO<sub>2</sub> in grado di erogare impulsi di luce dell'ordine del centinaio di Joule in tempi dell'ordine del nanosecondo.

2.

Nel quadro delle attività di ricerca sui laser di potenza, presso i Laboratori Nazionali di Frascati è stato realizzato presso il Gruppo Tecnologie dei L. N. F. un prototipo di laser a  $\text{CO}_2$  a scarica trasversale a pressione atmosferica, con preionizzazione ad ultravioletto, di media apertura da impiegarsi come oscillatore o amplificatore intermedio in una catena ad elevata potenza di picco.

#### DESCRIZIONE DEL PROTOTIPO. -

Nella versione attuale un'attenzione particolare è stata data alla possibilità di variare tutte le geometrie e le distanze interelettrodiche, per avere una grande flessibilità di operazione e una maggiore facilità nell'ottimizzazione della scarica.

La camera di scarica è formata da due elettrodi con profilo di Rogowski di dimensioni 100 x 600 mm, con una parte piana di 70 x 560 mm. Gli elettrodi sono realizzati, per fusione, in alluminio e successivamente lavorati per assicurare una buona pianeità; la superficie è quindi rifinita mediante pallinatura.

Sul piano mediano della regione di scarica e lateralmente ad essa sono disposti due sistemi lineari di elettrodi di preionizzazione, ciascuno dei quali genera nel gas, durante l'accensione, dieci scariche ad arco in serie che producono l'ultravioletto necessario alla ionizzazione del mezzo attivo. La Fig. 1, mostra lo schema completo del sistema nelle tre viste.

I singoli elettrodi sono in acciaio a forma cilindrica con le estremità sferiche. La lunghezza di ciascun elettrodo è di 50 mm e la larghezza della gap di scarica è regolabile mediante rotazione degli elettrodi attorno all'asse di sostegno. Quest'ultimo è fissato direttamente, vedi Fig. 1, sui condensatori di blocco degli elettrodi per minimizzare le induttanze parassite. Ogni elettrodo è collegato a una comune sbarra di massa in rame tramite il condensatore di blocco e una resistenza di fuga alloggiati direttamente in sedi ricavate nel blocco di plexiglass di dimensioni 60 x 60 x 750 mm.

La distanza degli elettrodi di preionizzazione dall'asse della scarica è regolabile dall'esterno mediante passanti, fino ad una distanza di quindi cm e lo scorrimento avviene su due guide interne.

Ciascuna linea di preionizzazione può sostenere fino a 400 joule in circa 20 microsecondi.

Per diminuire gli effetti di bordo nella regione di scarica, le zone curve degli elettrodi di Rogowski sono tenute in ombra da quattro schermi di plexiglass posti ai fianchi di ciascun elettrodo alla distanza di 35 mm. La scatola esterna, interamente in plexiglass, di dimensioni 1030 x 530 x 180 mm, è provvista di fori d'ingresso per i cavi dell'alta tensione, i tubi del gas e le sedi per l'alloggiamento degli specchi della cavità. Essa è stata progettata per una pressione di esercizio da 0,5 a 1 atmosfera.

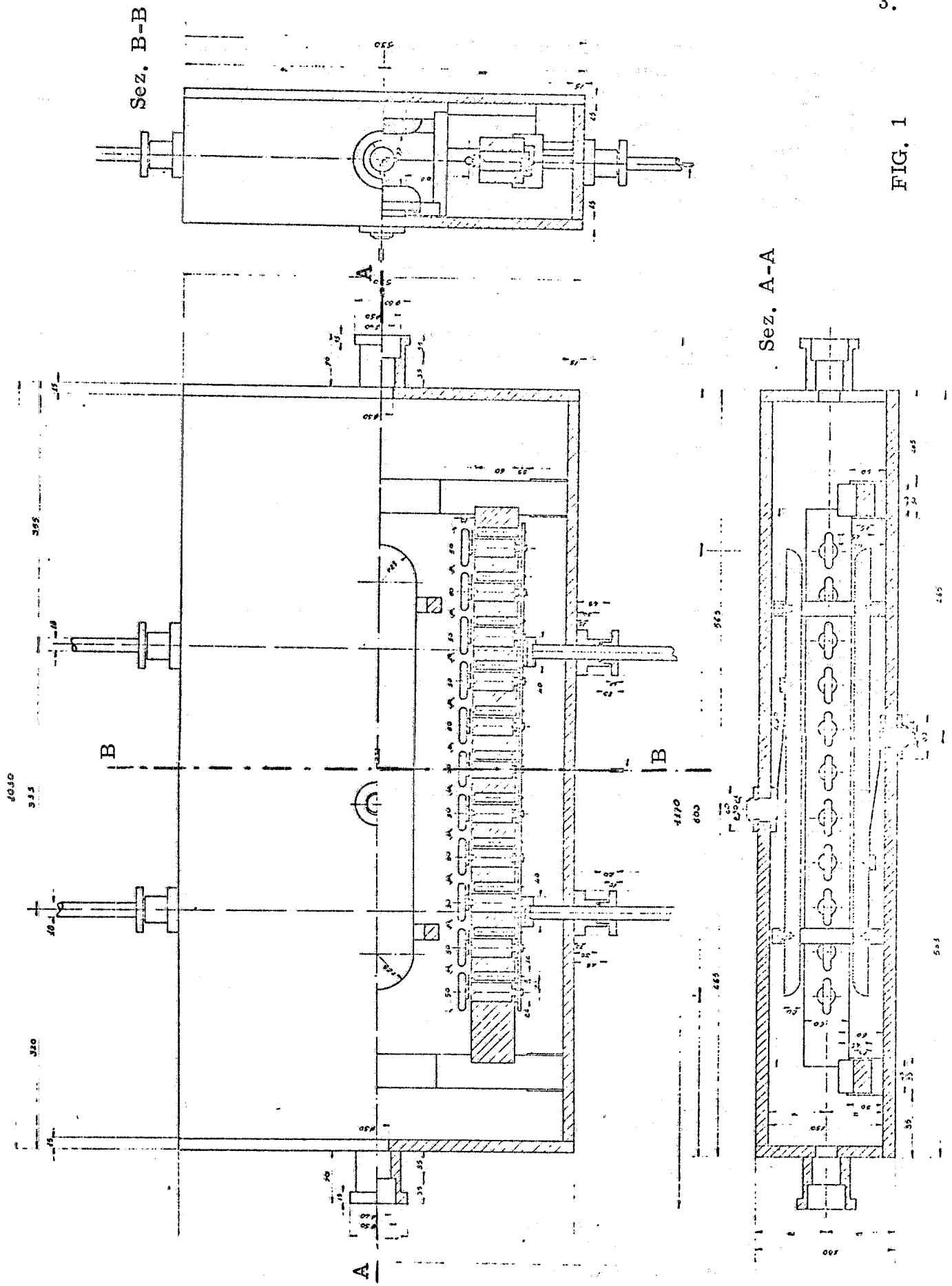


FIG. 1

4.

Per le prove preliminari si è usata, in attesa di specchi di dimensioni adeguate alla sezione del volume di scarica ( $50 \text{ cm}^2$ ), una cavità di sezione ridotta (circa  $3 \text{ cm}^2$ ). La configurazione adottata è la semiconfocale ed è realizzata mediante uno specchio a riflessione totale in rame dorato di 2 cm diametro utile e 2.5 metri di focale ed uno specchio piano di germanio semitrasparente con una riflettività di 0.85 su una faccia e con trattamento antiriflettente sull'altra. Lo specchio di rame è stato realizzato in laboratorio.

L'estrazione dell'energia ottica è dunque in questa fase limitata da fattori puramente geometrici.

I supporti per gli specchi, anch'essi costruiti in laboratorio, sono in bronzo e sono dotati di movimenti micrometrici per consentire l'allineamento della cavità (Fig. 2).

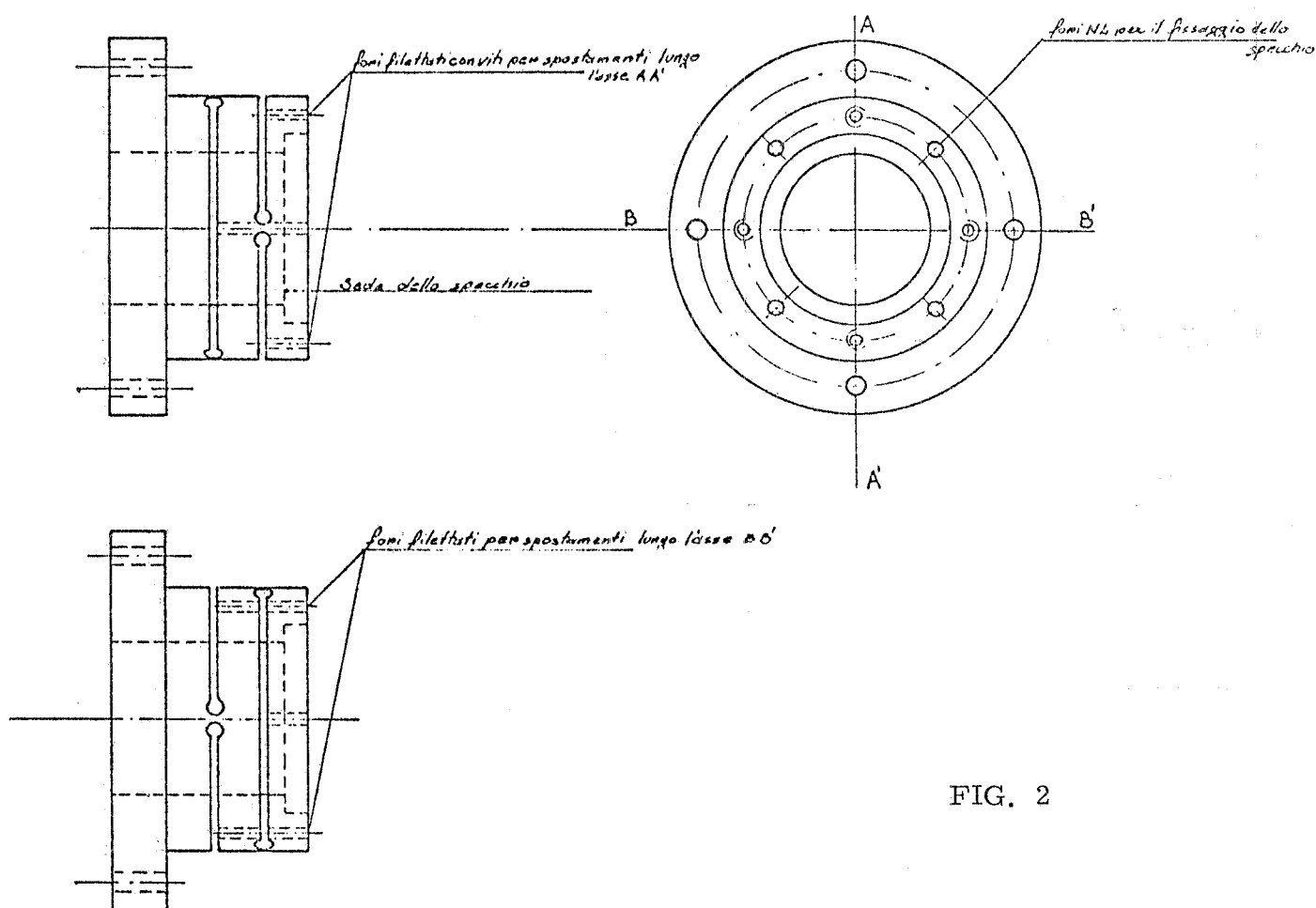


FIG. 2

Caratteristiche del laser. Nella seguente tabella sono riportati i parametri di progetto del laser:

Volume attivo	3000 cc
Apertura	50 cmq
Energia di preionizzazione	$E_{p_i} = 400 \text{ J}$
Energia elettrica immagazzinata per il pompaggio	$E_{p_o} = 600 \text{ J a } 140 \text{ kV}$
E/p	$= 20 \text{ kV/cm x atm.}$

L'energia di pompaggio è fornita da un Marx a otto stadi che può essere caricato a 25 kV ( $V_M = 200$  kV) con una energia totale immagazzinata di 1250 J. In Fig. 3 è riportato lo schema a blocchi dell'alimentazione. In attesa di uti-

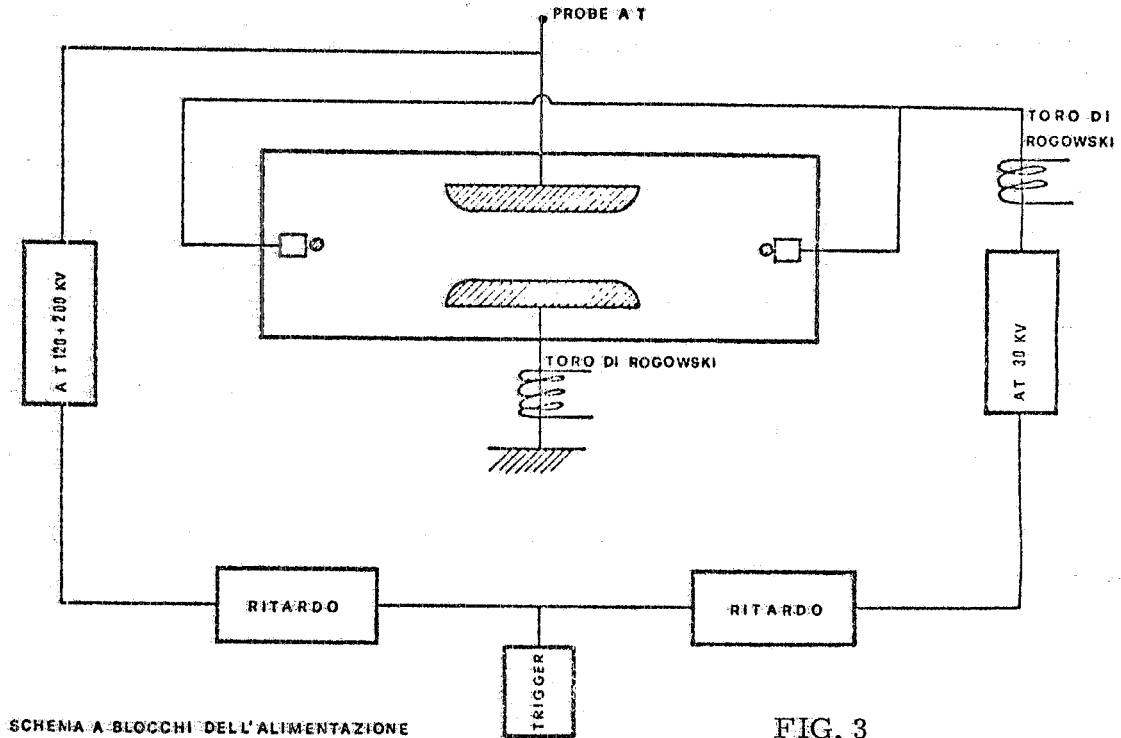


FIG. 3

lizzare tale Marx su cui si stanno effettuando misure preliminari, il laser è stato provato a tensione ridotta utilizzando un condensatore da  $0.15 \mu\text{F}$ ,  $50 \text{ kV}_e$ .

In queste condizioni  $[E/p = 7 \text{ kV/cm} \cdot \text{atm}]$ , energia dell'impulso laser misurato con una termopila TGC Mod. 100 è risultato di 40 mJ, corrispondenti a  $\sim 0.3 \text{ J/l}$ , per una energia di pompaggio di  $\sim 13 \text{ J/l}$ , utilizzando una miscela di  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{He}$  in rapporto 1-1-40, a pressione atmosferica.

## BIBLIOGRAFIA. -

- (1) - A. Javan and J. S. Levine, IEEE J. Quantum Electron QE-8, 827 (1972).
- (2) - H. Seguin and J. Tulip, Appl. Phys. Letters, 21, 414 (1972).
- (3) - O. P. Judd, Appl. Phys. Letters 22, 95 (1973).
- (4) - H. H. Leischmann, Phys. Today 35, May (1975).
- (5) - C. A. Fenstermacher, M. J. Nutter, W. T. Leland and K. Boyer, Appl. Phys. Letters 20, 56 (1972).
- (6) - H. J. J. Seguin, J. Tulip and D. Mc Ken, Appl. Phys. Letters 23, 344 (1973).
- (7) - J. S. Levine and A. Javan, Appl. Phys. Letters 22, 55 (1973).
- (8) - A. J. Alcock, K. Leopold and M. C. Richardson, Appl. Phys. Letters 23, 562 (1973).
- (9) - N. W. Harris, F. O'Neill and W. T. Whitney, Appl. Phys. Letters 25, 148 (1974).
- (10) - M. C. Richardson, A. J. Alcock, K. Leopold and P. Burtyn, IEEE J. Quantum Electron QE-9, 236 (1973).
- (11) - M. C. Richardson, K. Leopold and A. J. Alcock, IEEE J. Quantum Electron QE-9, 934 (1973).